

Action du chlore sur le cocotier hybride PB-121 en Côte d'Ivoire et en Indonésie

Développement, tolérance à la sécheresse, production

M. OLLAGNIER (1), R. OCHS (2), M. POMIER (3) et G. de TAFFIN (3)

Résumé. — Cet article décrit les résultats obtenus en Côte d'Ivoire sur 4 expériences de nutrition minérale situées à différentes distances de l'océan (5, 25, 180 et 210 km) et 3 expériences situées à Sumatra, toutes réalisées sur hybride PB-121 (Mawa). En Côte d'Ivoire, les deux expériences éloignées de la côte montrent l'action prépondérante du chlore sur le développement des cocotiers mais surtout sur la résistance à la sécheresse et aux maladies cryptogamiques. Sur l'expérience située à 25 km de la mer, le chlore et le potassium ont un rôle équivalent. Par contre, à proximité de la mer, le rôle du chlore apporté en quantité suffisante sous forme d'aérosols par les vents est négligeable ; celui du potassium est prépondérant. En Indonésie, comme en Côte d'Ivoire, la carence en chlore réduit fortement le nombre de noix et le poids d'albumen de la noix. Les auteurs proposent pour le chlore le niveau critique de 0,250 p. 100 en Côte d'Ivoire pour la feuille de rang 14, mais considèrent que le niveau optimal de 0,500, proposé antérieurement, n'est pas à modifier si l'on tient compte du rôle joué par le chlore dans la résistance aux maladies et à la sécheresse ainsi que de sa forte action sur le coprah/noix.

Un précédent article étudiait la tolérance à la sécheresse de quelques hybrides de cocotiers dans les conditions de la Moyenne Côte d'Ivoire [Pomier et de Taffin, 1982].

Il s'agit d'une région où, malgré les conditions climatiques marginales pour le cocotier, le développement de cette culture est possible grâce à l'application de normes techniques strictes.

La première consiste à donner la préférence à l'hybride PB-121 qui s'est révélé le plus résistant aux maladies juvéniles et à la sécheresse [Quilicq, Morin, Renard et Mariau, 1977].

Un autre facteur important est le maintien d'un bon niveau (qualitatif et quantitatif) de nutrition minérale satisfaisant les besoins de la plante pour son développement et sa production, mais aussi renforçant sa résistance à la sécheresse.

Ainsi, les points d'essais I.R.H.O. en Moyenne Côte d'Ivoire ont été complétés par des expériences de nutrition minérale sur hybrides PB-121.

Cet article a pour objet de présenter les résultats les plus caractéristiques obtenus à ce jour sur ces expériences : CC 38 située à Gregbeu, près de Daloa à 220 km de la mer, CC 39 située à Manzanouan, près d'Abengourou à 180 km de la mer. On les comparera à ceux obtenus en Basse Côte d'Ivoire dans la région d'Abidjan, sur CC 16 de la Station Marc-Delorme à 6 km de la mer, et DA-CCO2 de la Plantation expérimentale R.-Michaux à 25 km de la mer (Fig. 1).

Nous verrons alors le rôle important du chlore quand on se trouve éloigné de la mer et que les cocotiers ne bénéficient plus des apports sous forme d'embruns et de particules solides déposées par les vents dominants qui viennent de la mer.

Des résultats obtenus récemment en Indonésie seront comparés à ceux de Côte d'Ivoire.

I. — SITUATION DES EXPÉRIENCES

Les expériences PB-CC 38 et 39 ont été mises en place sur des sols à caractère ferrallitique dont les matériaux dérivent de l'altération des granites.

La première est située sur un plateau à sol rouge typique remanié (20,7 % d'argile en surface, augmentant jusqu'à 42,3 % à 1 m de profondeur) (Tabl. I.). Le précédent cultural de CC 38 est une ancienne caféière abandonnée envahie par la brousse arbustive. L'analyse de la couche superficielle nous montre des niveaux moyens en matière organique (1,84 %) et en azote total (1,70 %).

Par contre, la seconde est située sur une pente douce à environ 200 m de la rivière Manzan, affluent du Comoe, dont le sol est formé de colluvions sableux à majorité de sables grossiers (50,4 % en surface) (Tabl. I). Le sol de CC 39 était occupé par une jachère arbustive récente n'ayant pas permis au stock de matière organique de se

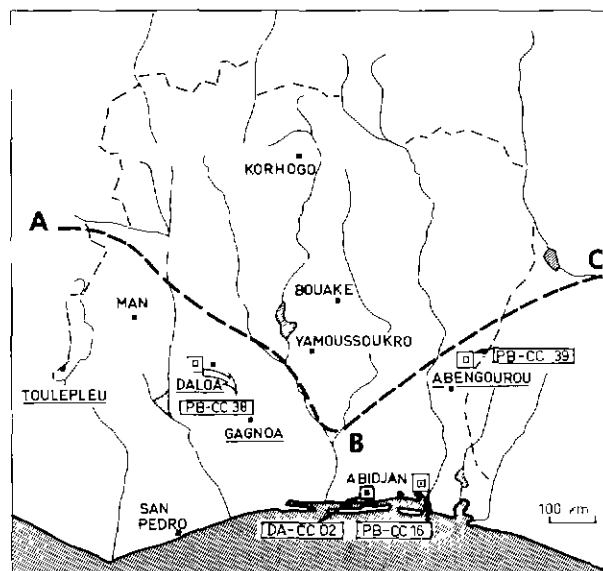


FIG. 1 — Côte d'Ivoire — Réseau expérimental pour l'étude du chlore (Ivory Coast — Experimental network studying Cl). A-B-C : limite de la forêt (edge of forest)

(1) Directeur des Recherches. I.R.H.O., 11, Square Pétrarque, 75116 Paris (France)

(2) Directeur du Département Agronomique de l'I.R.H.O. IRHO/GERDAT, B.P. 5035, 34032 Montpellier Cedex (France).

(3) I.R.H.O. Station Cocotier Marc-Delorme 07 - B.P. 13, Abidjan 07 (Côte d'Ivoire).

TABLEAU I. — Analyses de sol (Soil analysis)

		CC 38		CC 39		CC 16		DA CC 02		
Profondeur (<i>Depth</i>) (cm)	0-20	40-60	0-20	40-60	0-15	60-70	0-20	20-30
Granulométrie (<i>Grain size distribution</i>)										
Terre fine (<i>Fine earth</i>)										
Argile (<i>Clay</i>)	(p. 100)		20,7	39,4	3,4	13,4	5,8	9,0	12,0	13,5
Limon (<i>Silt</i>)	(p. 100)		3,8	3,1	3,4	4,3	1,1	1,5	2,5	2,0
Sable très fin (<i>Very fine sand</i>)	(p. 100)		3,9	3,3	4,8	7,0	0,5	0,7	2,5	1,5
Sable fin (<i>Fine sand</i>)	(p. 100)		22,1	18,2	38,0	45,8	13,1	11,6	25,5	24,5
Sable grossier (<i>Coarse sand</i>)	(p. 100)		49,6	36,1	50,4	39,4	79,5	77,2	57,5	58,5
Matière organique (<i>Organic matter</i>)										
Matière organique (<i>Organic matter</i>)	(p. 100)		1,84		1,2		1,08		2,14	1,81
Carbone (<i>Carbon</i>)	(p. 100)		1,07		0,70		0,64		1,24	1,06
Azote total (<i>Total N</i>)	(p. 1 000)		1,70		1,16		0,51		0,82	0,60
Rapport C/N (<i>Ratio</i>)			6		6		12		15	18
Phosphore (<i>Phosphorus</i>)										
Total	(ppm)		178	143	92	42	198		400	351
Assimilable										
Bray	(ppm)		19	2	15	5	117		36	35
Saunders	(ppm)		41	28	23				137	99
Complexe absorbant (<i>Complex</i>)										
Ca mé/100 g			2,97	1,50	2,51	0,64	0,36		0,26	0,15
Mg mé/100 g			0,74	0,58	0,46	0,09	0,10		0,07	0,04
K mé/100 g			0,33	0,18	0,12	0,05	0,06		0,08	0,06
Na mé/100 g			0,01	0,01	0,03	0,01	0,01		0,01	0,01
Somme des bases S/mé	(p. 100)		4,05	2,27	3,12	0,79	0,53		0,42	0,26
Capacité d'échange (<i>Exchange capacity</i>) mé			6,3	6,2	3,15	0,95	3,53		5,05	4,50
Saturation V = $\frac{S \times 100}{C.E.C.}$			64	37	99	83	15		8,3	5,8
pH										
pH eau (<i>water</i>)			5,75	4,95	5,85	5,75	5,08		4,23	4,60
pH KCl			4,80	4,10	4,85	4,55	4,06		3,80	4,10

reconstituer, ce qui explique les faibles niveaux en matière organique (1,2 %) et en azote (1,16 %) dans la couche superficielle.

L'expérience DA-CC 02 est située sur un plateau dont les sols sablo-argileux très profonds sont formés sur des dépôts sédimentaires appelés « sables tertiaires ». L'expérience PB-CC 16 est située au sud des lagunes sur un plateau bas dont les sols constituent une phase colluvionnée très sableuse, différente des précédents.

Les teneurs en phosphore sont faibles pour les sols formés à partir des granites (CC 38/39) tandis qu'elles sont très élevées pour les sols dérivés des sables tertiaires (DA-CC 02).

On observe une certaine richesse en cations échangeables sur les sols dérivés des granites mais non sur les sables tertiaires.

		CC 38	CC 39	CC 16
Ca ⁺⁺	(mé p. 100 g)	2,97	2,51	0,36
Mg ⁺⁺	(mé p. 100 g)	0,74	0,46	0,10
K ⁺	(mé p. 100 g)	0,33	0,12	0,06

La pluviométrie de l'intérieur de la Côte d'Ivoire est moins élevée mais mieux répartie que dans le Sud-Est (Tabl. II). Le facteur limitant est la saison sèche qui dure plus de 3 mois avec une hygrométrie très basse, provoquant une intense évaporation. Dans le Sud-Est la sévérité de la sécheresse est tempérée par la proximité de la mer.

Dans le sous-sol de l'expérience CC 39 existe une nappe phréatique de type alluvial, proche de la surface en saison

des pluies (1-2 m de profondeur). Le niveau de celle-ci baisse progressivement pendant la saison sèche (3 m de profondeur). Cette nappe joue un certain effet compensateur du déficit hydrique pendant les premiers mois de la saison sèche.

Par contre, sur les autres expériences, la nappe phréatique très profonde n'est pas atteinte par les racines des cocotiers.

Les saisons sèches 1980-1981 et 1981-1982 ont été particulièrement marquées à l'intérieur de la Côte d'Ivoire avec de longues périodes d'harmattan (vent sec soufflant du Sahara vers le Sud) pendant lesquelles la température a baissé jusqu'à 9°5 et l'hygrométrie moyenne s'est située entre 50 et 70 p. 100.

Par contre, dans le Sud pendant la saison sèche, l'hygrométrie reste élevée grâce à la proximité de la mer (l'harmattan n'atteint la côte que pendant de courtes périodes en janvier et février).

II. — PROTOCOLES EXPÉRIMENTAUX

Les 4 expériences sont de type factoriel :

CC 38 : 3² répété 2 fois, soit 18 parcelles étudiant P et K à 3 niveaux ;
avec étude complémentaire de Mg par subdivision des parcelles ;
un niveau 0 pour P, K et Mg.

Mise en place en 1979.

TABLEAU II. — Pluviométrie moyenne mensuelle et déficits hydriques
(Mean monthly rainfall and water deficit)

(Réserve 200 mm — Etp 150 mm pour les mois (for months) < 100 mm
120 mm pour les mois (for months) > 100 mm)

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total	Déficit hydrique (water deficit)
Côte d'Ivoire (Ivory Coast)														
Gregbeu (Daloa) 1975/1981	10	67	96	128	152	167	144	175	209	116	51	17	1 332	417 (a)
Manzanouan (Abengourou) 1976/1981	15	35	110	130	181	183	126	60	122	167	56	1	1 186	526 (a)
Stat. Marc-Delorme (Port Bouët) 1975/1981	15	44	97	119	428	585	121	28	83	137	135	44	1 836	480 (a)
Indonésie (Indonesia)														
Bah Lias (N. Sumatra) 1968/1980	93	85	77	122	130	164	111	175	203	247	228	168	1 803	0 (b)
Adolma (P.T.P. VI) (N. Sumatra) 1976/1980	83	68	35	116	102	121	158	244	161	204	214	114	1 620	261 (a)
Bergen (PTP X) (S. Sumatra) 1977/1980	306	314	200	148	171	80	104	57	85	116	132	300	2 013	174 (a)

(a) calculés sur la moyenne des déficits (calculated on the mean of the deficits).

(b) calculé à partir des pluviométries moyennes mensuelles (calculated on the mean monthly rainfalls)

CC 39 : 2^e étudiant N, P, K, Mg à 2 niveaux, soit 16 parcelles en 2 blocs ;
un niveau 0 pour chaque élément (présence ou absence).

Mise en place en 1977.

CC 16 : 3^e soit 27 parcelles en 3 blocs étudiant P, K et Mg à 3 niveaux ;
avec étude complémentaire de N par subdivision des parcelles ;
un niveau 0 pour chaque élément.

Mise en place en 1970.

DA-CC 02 : 3 × 3 × 2 répété 2 fois, soit 36 parcelles en 2 répétitions de 3 blocs ;
étudiant K et Na à 3 niveaux et Cl à 2 niveaux ;
un niveau 0 pour K et Cl (Cl⁻ étant remplacé par SO⁴⁻⁻) ; application uniforme de N, P et Mg. Expérience plantée en 1975.

Les engrais utilisés sont :

N = urée à 46 p. 100 N,

P = phosphate tricalcique à 35 p. 100 P₂O₅,

K = chlorure de potassium à 60 p. 100 K₂O,
ou sulfate de potassium à 50 p. 100 K₂O,

Mg = kiesérite à 27 p. 100 MgO,
ou chlorure de magnésium à 12 p. 100 MgO,

Na = chlorure de sodium à 39 p. 100 Na, ou sulfate de sodium à 14 p. 100 Na.

Ils ont été appliqués dès la plantation à des doses croissantes en fonction de l'âge.

Les 4 expériences ont reçu une couverture de *Pueraria javanica* qui s'est bien développée sur les sols d'origine primaire (CC 38 et CC 39), mais plus difficilement sur les sables tertiaires plus pauvres.

L'entretien des parcelles, toujours réalisé manuellement, a consisté en des désherbages sélectifs de la couverture et un rabattage de celle-ci avec dégagement des ronds autour des arbres.

III. — RÉSULTATS OBTENUS EN MOYENNE CÔTE D'IVOIRE

1. — Croissance. Circonférence au collet.

Les mensurations faites à 26 mois pour CC 39, et à 36 mois pour CC 38, indiquent une action significative des seuls apports de chlorure de potassium, avec une interaction positive K-Mg.

	CC 38	CC 39
Circonférence à 36 mois (cm)		Circonférence à 26 mois (cm)
(-)	91,4	(-) 99,1
P1	92,1	N1 99,9
P2	93,8	(-) 100,6
		P1 98,4

CC 38 — Interaction K-Mg				
	(-)	KCl 1	KCl 2	Moyenne
(-)	50	106	109	88
Mg	66	106	118	97*
Moyenne	58	106**	114**	

CC 39 — Interaction K-Mg			
	(-)	KCl	Moyenne
(-)	96	106	101
Mg	79	118	98
Moyenne	87	112**	

2. — Précocité de floraison.

L'effet positif du chlorure de potassium sur la croissance des arbres se retrouve sur la précocité de floraison. L'interaction avec la kiesérite est également positive.

CC 39 - P. 100 d'arbres fleuris à 44 mois

(-) = 41,4				
N1 = 50,0		(-)	KCl	Moyenne
(-) = 44,5	(-)	36	54	45
P1 = 46,9	Mg	14	78	46
	Moyenne	25	66**	

3. — Tolérance à la sécheresse.

Durant les premières saisons des pluies, on avait observé sur CC 39 des attaques de *Pestalozzia palmarum* à l'extrémité des folioles des arbres ne recevant pas de chlorure de potassium.

Au cours des saisons sèches 1980-81 et 1981-82, les mêmes arbres ont présenté des dessèchements encore plus importants, qui ont amené à comparer le nombre de feuilles vivantes sur chaque objet, à différentes périodes de l'année (Tabl. III).

TABLEAU III. — CC 39 — Réduction du nombre de feuilles vivantes sous l'action de la sécheresse
(Reduction of the number of living leaves under the influence of drought)

Objets (Treatments)	Nombre de feuilles vertes (moyenne/arbre) (Number of living leaves — mean/tree)		
	novembre 1980 (November)	mars 1981 (March)	mars 1982 (March)
(-)	24,5	14,4	16,7
N1	25,6	15,4	17,1
(-)	24,8	14,8	16,1
P1	25,3	15,0	17,7
(-)	22,3	9,7	13,7
KCl 1	27,8**	20,1**	20,1**
(-)	25,5	15,9	17,9
Mg1	24,6	13,9	15,9

Les arbres recevant du chlorure de potassium ont terminé les deux dernières saisons sèches avec un nombre de feuilles vertes beaucoup plus élevé (Fig. 2, 3) ce qui traduit surtout un phénomène de moindre dessèchement des feuilles pendant la saison sèche.

Le chlorure de potassium apparaît donc comme un engrais essentiel dans les conditions de la Moyenne Côte d'Ivoire puisque, outre son effet favorable sur la croissance et le développement, il renforce la résistance des arbres contre les champignons foliaires et contre la sécheresse.

4. — Interprétation des résultats.

Le développement des connaissances sur le chlore, suite aux observations de Ollagnier et Ochs [1971], et l'éloignement de la mer des expériences CC 38 et CC 39 ont incité à examiner les résultats de ces essais en fonction des deux éléments K et Cl.

Sur le cocotier hybride PB-121, le niveau critique pour le potassium est de 1,4 p. 100 de matière sèche pour la feuille

de rang 14. Si le niveau critique du chlore n'est pas encore déterminé avec précision, une teneur de 0,5 p. 100 de matière sèche pour la feuille de rang 14 est estimée proche de l'optimum. Une teneur inférieure à 0,100 correspond à une carence profonde.

Les résultats du diagnostic foliaire de l'expérience CC 39 (Tabl. IV) montrent sans ambiguïté une **très forte déficience en chlore**, alors que les niveaux en K sont proches du niveau critique.

TABLEAU IV. — CC 39 — Teneurs en K et en Cl
(Rang 14)
(K and Cl levels-rank 14)

	Février (Feb.) 1981		1982	
	K (p. 100)	Cl (p. 100)	K (p. 100)	Cl (p. 100)
(-)	1,175	0,043	1,10	0,079
KCl	1,377**	0,223**	1,36	0,284

À la fin de la saison sèche 1980-81, le nombre de feuilles vertes est plus fortement relié au niveau de chlore qu'au niveau de potassium.

Teneurs K — nombre de feuilles vivantes (Cl constant)
 $r = 0,420$;

Teneurs Cl — nombre de feuilles vivantes (K constant)
 $r = 0,893^{**}$.

En juillet 1981, le traitement superphosphate a été remplacé par le chlorure de sodium afin d'étudier isolément l'élément chlore ; le chlorure de potassium étant remplacé par le sulfate de potassium.

À la fin de la saison sèche 1981-82, sur les 8 parcelles ne recevant pas de chlorure de potassium, on observe une nette amélioration du comportement des cocotiers des 4 parcelles ayant reçu une application de chlorure de sodium 8 mois avant.

CC 39 — Nombre de feuilles vivantes
en fin de saison sèche
(sur les 8 parcelles sans chlorure de potassium)

	Mars 1981	Mars 1982
Sans chlorure de sodium	10,2 (100)	12,5 (122)
Avec chlorure de sodium	9,3 (100)	14,8 (159)

L'analyse de covariance montre que l'effet chlore est hautement significatif.

Les analyses foliaires de l'expérience CC 38 montrent également une forte déficience en chlore :

CC 38 — Diagnostic foliaire — janvier 1982 (rang 14)

	K (p. 100)	Cl (p. 100)
(-)	1,263	0,109
KCl 1	2,113	0,673
KCl 2	2,339	0,915

À la fin de la saison sèche 1981-82 le nombre de feuilles vivantes dépend plus des teneurs en chlore que des teneurs en potassium.



FIG. 2. — (cl. Pomier) ▲



▲ FIG. 3. — (cl. Pomier)



FIG. 4. — (cl. Von Uexküll) ▲



▲ FIG. 5. — (cl. de Nucé de Lamothe)



FIG. 6. — (cl. Rognon) ▲



▲ FIG. 7. — (cl. Rognon)

FIG. 8. — (cl. Von Uexküll) ▼



FIG. 6. — (cl. Rognon) ▲

FIG. 2. Côte d'Ivoire, sans KCl (Ivory Coast, without KCl).

FIG. 3. — Côte d'Ivoire, avec KCl (Ivory Coast, with KCl).

FIG. 4. Nord (North) Sumatra-Bah Lias Estate. A gauche : sans KCl ; A droite : avec KCl (left : without KCl ; right : with KCl)

FIG. 5. Sud (South) Sumatra-PTP X-Déficience en chlore. A gauche : sans KCl ; A droite : avec KCl (Cl deficiency-left : without KCl, right, with KCl).

FIG. 6. — Nord (North) Sumatra-Bangun Purba-PTP VI — A gauche (left) : N0 P0 KCl 1 Mg0 ; A droite (right) : 0.

FIG. 7. — Nord (North) Sumatra-Bangun Purba-PTP VI — A gauche (left) : N0 P2 KCl 1 Mg2 ; A droite (right) : N0 P2 KCl0 Mg2

FIG. 8. — Nord (North) Sumatra — Déficience en chlore (Cl deficiency).

FIG. 9. — Sud (South) Sumatra — Déficience en chlore (Cl deficiency).

▼ FIG. 9. — (cl. de Nucé de Lamothe)



Teneurs K — nombre de feuilles vivantes (Cl constant)
 $r = + 0,113$;

Teneurs Cl — nombre de feuilles vivantes (K constant)
 $r = + 0,511^{**}$.

L'aspect essentiel de l'élément chlore se confirme une fois de plus dans les conditions de Moyenne Côte d'Ivoire. Il intervient non seulement comme élément indispensable à la croissance et au développement, mais aussi à la **résistance à la sécheresse**.

Burghardt [4], dans une synthèse publiée en 1962, a étudié le rôle des ions Cl^- et SO_4^{--} chez les plantes cultivées. Il a noté que le chlore est antagoniste du soufre. Il rapporte également que Schmalfluss a montré sur des cultures en pots que l'ion Cl^- augmente l'absorption d'eau et réduit la transpiration par augmentation de la pression osmotique à l'intérieur des cellules. Ceci est dû à l'accumulation d'amidon par modification du rapport amidon — sucre. Par pesée, on observe une amélioration du poids de matière sèche produite par unité d'eau alors que l'ion SO_4^{--} a l'effet inverse.

5. — Action du chlore sur l'état sanitaire.

L'aspect résistance à la sécheresse semble aller de pair avec la résistance aux maladies du feuillage d'origine cryptogamique.

On a déjà signalé des attaques de *Pestalozzia palmarum* plus importantes sur les objets K0 du PB-CC 39.

Une observation identique a été faite en 1979 sur une expérience de nutrition minérale du point d'essai de Daloa.

Il s'agissait ici d'attaques d'helminthosporiose dont l'intensité **augmentait** avec les apports d'urée mais **diminuait** avec les apports de **chlorure de potassium**.

DF (rang 1)			
Objets	K (p. 100)	Cl (p. 100)	Indice helminthosporiose
(—)	2,941	1,009	0,07
N 1	2,626	0,865	0,42
N 2	2,641	0,807	1,04
(—)	1,827	0,323	0,80
KCl 1	3,081	1,111	0,26
KCl 2	3,299	1,246	0,43

L'action favorable du chlore sur l'état sanitaire des cocotiers, ainsi que l'action défavorable de l'azote, ont été observées par Frémond [1976] sur une expérience factorielle en pépinière du type 3³ réalisée aux Philippines. Les attaques de *Pestalozzia* ont été notées de 0 à 5 quant à la sévérité des nécroses.

	N0	N1	N2	
Cl 0	2,28	3,11	3,44	2,94
Cl 1	1,05	2,44	2,33	1,94
Cl 2	1,39	2,22	2,44	2,02
	1,57	2,59	2,74	

L'un des signataires de cet article a observé de fortes attaques de *Pestalozzia* dans la région de Menado (Nord Sulawesi) accompagnées de niveaux de chlore proches de 0,06 p. 100.

Alonzo et Palomar [1980] rapportent également qu'aux Philippines l'application d'eau de mer à raison de 200 à

1 000 ml, ou de 20 à 100 g de sel marin, à la base de cocotiers Nains Rouges de Malaisie, âgés de 6 mois, réduit l'incidence de *Pestalotiopsis palmarum* sur les feuilles.

Le mécanisme de cette action du chlore est encore mal connu.

IV. — ACTION DU CHLORE DANS LE SUD-EST DE LA CÔTE D'IVOIRE

L'expérience DA-CC 02 dont les résultats sont condensés dans le tableau V, montre :

— un effet indiscutable du potassium qui double pratiquement le rendement en nombre de noix et augmente légèrement le coprah par noix ;

— un effet également indiscutable du chlore qui accroît la production en nombre de noix de près de 50 p. 100 et le coprah par noix de près de 17 p. 100 (comparaison chlorure/sulfate). Cet effet est observé parce que les teneurs en Cl des feuilles des parcelles sans chlore sont très basses, en moyenne inférieures à 0,100 ;

— un effet moyen nul des doses croissantes des sodium sur le coprah par noix et non significatif sur le nombre de noix. Cette expérience a été conçue sans niveau zéro pour le sodium (sulfate ou chlorure). Dans ces conditions, elle ne peut de façon très rigoureuse vérifier si, sur le cocotier comme chez certaines autres plantes, le sodium peut dans une certaine mesure remplacer le potassium. Ceci paraît peu probable puisque l'effet K (chlorure ou sulfate) reste très important aussi bien en présence de chlorure de sodium qu'en présence de sulfate de sodium.

Par ailleurs, les corrélations entre les teneurs en K et Cl et le rendement en coprah/arbre sont positives et significatives (0,621** et 0,687***) alors que la corrélation entre la teneur en Na et le rendement est négative (— 0,626**).

En 1978, les corrélations partielles « teneurs en Cl et K — développement », montraient que la circonférence au collet dépendait positivement aussi bien du potassium que du chlore :

Teneur Cl — collet (K constant) $r = 0,657^{**}$,

Teneur K — collet (Cl constant) $r = 0,640^{**}$.

Sur l'expérience CC 16, par contre, les niveaux natifs du chlore sont plus élevés et l'examen des corrélations « teneurs Cl et K — développement ou production » montre le rôle prépondérant de l'élément potassium.

CC 16 — Diagnostic foliaire février 1974 (rang 9)

Chlorure de potassium	Teneurs en K	Teneurs en Cl
à la dose 0	0,850	0,176
à la dose 1	1,608	0,406
à la dose 2	1,755	0,531

Corrélations teneurs à l'analyse foliaire — précocité de floraison :

Teneur Cl — p. 100 arbres fleuris (K constant)

$r = + 0,421^{**}$,

Teneur K — p. 100 arbres fleuris (Cl constant)

$r = + 0,736^{***}$.

De même, les quatre dernières campagnes de production montrent également l'action exclusive de l'ion K^+ .

TABLEAU V. — Côte d'Ivoire (Ivory Coast) — DA-CC 02 (Plantation 1975)

Hybride PB-121 : Nombre de noix/arbre (Nuts/tree) ; Coprah/noix (Copra/nut) — g — P. 100 : K, Cl, Na/feuille 14 (leaf 14)

	Chlorure de sodium (Sodium chloride)			Moyenne (Mean)		Sulfate de sodium (Sodium sulphate)			Moyenne (Mean)	Moyenne (Mean)
	Na 1	Na 2	Na 3			Na 1	Na 2	Na 3		
KCl 0	29,9	69,4	88,7	62,7	SO ₄ K ₂ 0	53,0	37,7	46,8	45,9	54,3
	193	206	188	195		182	171	174	176	185
	0,357	0,390	0,457	0,402		0,310	0,476	0,374	0,388	0,395
	0,526	0,544	0,578	0,549		0,102	0,070	0,057	0,076	0,313
	0,373	0,431	0,572	0,459		0,455	0,692	0,588	0,578	0,518
KCl 1	102,5	91,1	118,9	104,2	SO ₄ K ₂ 1	60,6	82,1	44,8	62,5	83,3
	208	217	194	207		181	177	150	169	188
	1,17	1,06	1,19	1,14		1,23	1,11	0,93	1,09	1,115
	0,669	0,574	0,552	0,598		0,068	0,123	0,052	0,081	0,340
	0,280	0,338	0,405	0,341		0,316	0,464	0,640	0,473	0,407
KCl 2	114,5	132,5	99,0	115,3	SO ₄ K ₂ 2	86,2	85,7	85,7	85,9	100,6
	221	203	212	212		172	187	184	181	197
	1,60	1,30	1,43	1,44		1,34	1,42	1,39	1,38	1,414
	0,669	0,658	0,655	0,661		0,145	0,102	0,161	0,136	0,398
	0,173	0,276	0,404	0,285		0,290	0,303	0,323	0,306	0,295
Moyenne (Mean)	82	98	102	94		67	69	59	65	
	207	209	198	205		179	179	169	175	
	1,04	0,92	1,02	0,994		0,96	1,00	0,90	0,955	
	0,621	0,592	0,595	0,603		0,105	0,099	0,09	0,098	
	0,275	0,348	0,460	0,361		0,354	0,487	0,517	0,452	

CC 16 — Diagnostic foliaire — moyenne 1978/79/80/81
(rang 14)

Chlorure de potassium	Teneurs en K	Teneurs en Cl
à la dose 0	0,482	0,260
à la dose 1	1,370**	0,430**
à la dose 2	1,646**	0,650**

Corrélations teneurs à l'analyse foliaire — production :

Teneur Cl — production (K constant) $r = -0,153$,
 Teneur K — production (Cl constant) $r = 0,580^{**}$.

V. — DISCUSSION

Lorsque l'on se rapproche de la côte, le chlore devient un élément de moindre importance.

Dans l'hypothèse d'une production de l'ordre de 4,5 tonnes de coprah par hectare, l'exportation d'éléments minéraux par les noix (coques, bourres, albumen) est de l'ordre de 76 kg d'azote, 9 kg de P ; 162 kg de K (dont 129 par les bourres), 9 kg de Mg, 111 kg de chlore (dont 102 par les bourres), selon les travaux réalisés par Ouvrier à Port-Bouët en Côte d'Ivoire [1982].

Ces exportations ou immobilisations sont encore plus importantes dans les plantations où l'on utilise les pétioles pour le chauffage et si l'on tient compte des quantités d'éléments contenus dans le stipe.

On peut ainsi aisément comprendre que le bilan du chlore devient négatif puisque les études effectuées par Delmas et Djouka [1983] sur les dépôts secs et humides de chlore en Côte d'Ivoire, montrent des apports très importants près de la côte (près de 110 kg/ha/an entre 0 et 10 km de la mer), diminuant vers l'intérieur du pays. A 200 km de la côte, le dépôt devient inférieur à 20 kg/ha, la diminution étant très rapide dans les premiers cinquante kilomètres.

La comparaison des niveaux natifs de chlore à l'analyse foliaire et de l'importance de son rôle permet de situer son niveau critique.

CC 16 (DF 1981)

Traitement K0 — rang 14 — K = 0,480 — Cl = 0,260 ;
 Aucune action du chlore sur le développement et la production des cocotiers.

DA-CC 02 (DF 1982)

Traitement K0 Cl0 — rang 14 — K = 0,388 — Cl = 0,098 ;

Action du chlore aussi importante que celle du potassium.

CC 39 (DF 1982)

Traitement K0 — rang 14 — K = 1,105 — Cl = 0,051 ;
 Action prépondérante du chlore.

CC 38 (DF 1982)

Traitement K0 — rang 4 — K = 1,263 — Cl = 0,109 ;
 Action prépondérante du chlore.

En 1980, des analyses foliaires faites sur différents rangs de feuille ont montré que les niveaux du chlore varient peu en comparaison de ceux du potassium.

Nous pouvons donc admettre qu'en Côte d'Ivoire pour une feuille de rang 14 :

- il n'y a pas de déficience en chlore lorsque les niveaux sont supérieurs à 0,250 p. 100 de matière sèche,
- il y a une déficience légère entre 0,150 et 0,250,
- il y a une forte déficience en dessous de 0,150.

Ces données devront être adaptées lorsque toutes les expériences seront en production.

En effet, il n'est pas exclu que le niveau de 0,250 tout en suffisant à assurer la production maximale, soit trop faible pour obtenir une résistance maximale aux maladies de feuilles et à la sécheresse et obtenir également la valeur maximale du coprah/noix, auquel cas, le niveau optimal de 0,500 rappelé précédemment et déterminé à partir

d'expériences réalisées dans différentes parties du monde sera également valable pour la Côte d'Ivoire.

Des expériences de fertilisation sont actuellement conduites en Indonésie sur l'hybride PB-121.

On peut mentionner celle de Bah Lias Estate (London Sumatra) dont les premiers résultats ont été publiés par Rosenquist [1980].

Il s'agit d'une expérience établie sur cocotiers plantés en 1974 dont les résultats 1980 sont résumés dans le tableau suivant :

	Nombre de noix par arbre	Coprah g/noix	Coprah kg/ha	Teneur de la feuille K	Teneur de la feuille Cl
KCl 0	87 (100)	131 (100)	1 764 (100)	1,50	0,12
KCl 1	94 (109)	177 (135)	2 608 (148)		
KCl 2	100 (115)	187 (143)	2 921 (166)	1,60	0,53

Le niveau d'alimentation potassique est excellent et supérieur au niveau critique de Côte d'Ivoire sans apport de potassium.

Par contre, les teneurs en Cl sans apport de chlore sont très basses et tombent dans la gamme des fortes déficiences de Côte d'Ivoire (inférieures à 0,150).

L'effet très important du chlorure de potassium observé sur la production et s'exerçant principalement au niveau de l'albumen, est à attribuer à Cl en totalité.

Les figures 4 et 8 montrent l'effet important du chlore au niveau de la couronne : **beaucoup de feuilles sèches** et cassées sans chlore.

Bah Lias Estate est situé dans la plaine côtière de Nord Sumatra où l'on observe également une saison sèche au début de l'année (moyenne 1968-1980 : pluviométrie 1 803 mm ; Tabl. II).

La deuxième expérience située au PTP X (Sud Sumatra, Province du Lampung) a été plantée en janvier 1977.

La figure 5 montre en novembre 1982 la différence considérable d'aspect végétatif entre parcelles ayant ou non reçu du KCl. La figure 9 montre l'importance des dessèchements foliaires observés, conséquences de la déficience en chlore.

Les teneurs en K et en Cl étaient respectivement (feuille 14 — 1982) :

Parcelles	K	Cl
KCl 0	0,796	0,046
KCl 2	0,819	0,412

Notons qu'il a régné en 1982 une sécheresse intense dans le Lampung.

Bien que le niveau de potassium soit inférieur au niveau critique, la légère différence de teneurs en potassium des feuilles entre parcelles avec KCl et parcelles sans KCl, n'est pas suffisante pour expliquer la différence surprenante de comportement entre cocotiers recevant ou ne recevant pas de KCl.

Cette différence ne peut être attribuée qu'à la carence en chlore (**niveau très faible de 0,046 dans les témoins**).

La troisième expérience située au PTP VI (Nord Sumatra) a été plantée en 1977 à Bangun Purba.

Indonésie — Nord Sumatra (feuille 14)		
	K 1982	Cl 1982
KCl 0	1,56	0,040
KCl 1	1,65	0,307

Le nombre de noix/arbre est accru de 24 p. 100, le coprah/noix de 47 p. 100 et le coprah/arbre de 79 p. 100.

Il existe par ailleurs une grande différence de développement entre parcelles avec et sans KCl.

Le niveau de K des témoins est supérieur au niveau critique.

Le niveau de Cl dans les témoins (0,040) est extrêmement faible.

Les figures 6 et 7 montrent un effet extrêmement important du chlore sur l'aspect végétatif des arbres, leur développement et la production.

Les résultats obtenus en Côte d'Ivoire sont également vérifiés en Indonésie où est montrée, tant dans le Nord que dans le Sud de Sumatra, l'existence de sévères déficiences en chlore dont les conséquences peuvent devenir considérables, spécialement au cours des années sèches.

Le chlore a un certain nombre de fonctions non spécifiques chez les plantes. Il élève la pression osmotique cellulaire, ce qui a pour conséquence un accroissement de l'hydratation des tissus en raison de la nature hydrophile de cet ion [Mengel, Kirby, 1978].

Le cocotier est une plante à tendance halophyte qui tolère bien le sodium dans le sol.

Les plantes de ce type ont besoin en général de concentrations cellulaires élevées en électrolytes pour se développer et équilibrer leur bilan d'eau.

Dans ce contexte, on peut interpréter les manifestations de carence en chlore observées sur le cocotier en Côte d'Ivoire et en Indonésie comme une incapacité du végétal à maintenir son potentiel hydrique à des valeurs suffisamment basses du fait de la carence en anion monovalent.

Des études d'ouverture stomatique sont en cours, en Côte d'Ivoire et en Indonésie, par la méthode à l'alcool isopropylique.

L'hypothèse de départ est que l'on devrait observer sur les cocotiers carencés une ouverture des stomates moins durable à la fois au cours de la saison sèche et au cours de la journée. Elle paraît vérifiée en Indonésie où l'on a observé les ouvertures stomatiques dans une expérience d'engrais réalisée dans la région de Medan (Bangun Purba — PTP VI) Nord Sumatra ; cette expérience présente les mêmes tendances que les précédentes : forte carence en chlore et nutrition potassique élevée dans les témoins sans KCl.

Après une période de sécheresse en février 1983 (0 mm), les ouvertures stomatiques moyennes sont de 3,7 à 6,8 sans KCl, contre 4,8 à 7,9 avec KCl (0 correspond aux stomates complètement fermés, 12 aux stomates complètement ouverts).

CONCLUSION

Quatre expériences conduites par l'I.R.H.O. en Basse et Moyenne Côte d'Ivoire, à diverses distances de l'océan, ont permis d'améliorer les connaissances sur l'**aspect essentiel** de l'élément chlore dans la nutrition minérale du cocotier.

Les résultats obtenus permettent de proposer pour niveau critique 0,250 % de matière sèche sur feuille 14.

Pour des teneurs inférieures à 0,100 (déficience en chlore très sévère), on observe un retard de croissance et de développement ainsi qu'une chute de production (DA-CC 02 à 25 km de l'océan). Les observations sur la croissance et le

développement sont identiques sur les essais CC 38, CC 39, situés à 180 et 220 km de l'océan, et il y a tout lieu de croire qu'il en sera de même pour la production (les observations sont en cours sur le CC 39).

On observe également dans ce cas **une moindre résistance à la sécheresse et une plus grande sensibilité aux maladies cryptogamiques.**

Dans ces cas extrêmes évidemment, le facteur éloignement de l'océan est déterminant, puisque le chlore est transporté sous forme d'aérosol par les vents dominants qui, dans le cas de la Côte d'Ivoire, viennent du Sud-Ouest, donc de l'océan.

Ainsi, dans les conditions de l'intérieur de la Côte d'Ivoire, le chlorure de potassium apparaît comme l'engrais le plus avantageux car apportant à la fois le potassium dont la déficience est moyenne et surtout le chlore qui est le premier facteur limitant avec l'eau.

En Indonésie où le programme d'extension et de régénération des cocoteraies en hybrides 121 est très important, l'étude plus approfondie de la carence en chlore paraît très importante, pour plusieurs raisons :

— ces déficiences sont probablement plus accentuées sur un matériel végétal précoce et à développement rapide (hybrides Nains × Grands) que sur les matériels Grands d'Indonésie ;

— la culture du cocotier a été traditionnellement pratiquée sur les franges côtières où les dépôts secs de chlore sont élevés. Les politiques de diversification conduisent souvent à cultiver le cocotier en dehors de ces franges où les apports sont plus faibles ce qui explique que des carences puissent apparaître avec une intensité jusque-là inconnue. Il serait intéressant de connaître le bilan des dépôts de chlore dans différentes situations ;

— il est utile de mettre en évidence d'une façon définitive le rôle essentiel du chlore dans la nutrition minérale du cocotier **sur le plan physiologique** puisqu'il y a encore quelques années des physiologistes ont mis en doute le rôle du chlore dans les plantes cultivées à l'air libre [Corley, 1976]. En effet, puisqu'il existe des sols et des situations au Nord et Sud Sumatra non carencés en K mais carencés en Cl, il est indispensable d'éviter toute confusion dans la nature de la carence (K ou Cl) et d'utiliser alors le chlorure de sodium qui peut être produit en abondance dans les divers salines de l'Archipel plutôt que de recourir à l'importation de chlorure de potassium, coûteuse en devises.

En Côte d'Ivoire et en Indonésie, la carence en chlore a pour conséquence une réduction du nombre de noix par arbre et surtout de la quantité d'albumen présente dans la noix, comme cela a été également amplement démontré aux Philippines [Palomar, Magat, Habana, 1980].

BIBLIOGRAPHIE

- [1] POMIER M., TAFFIN G. de (1982). — Tolérance à la sécheresse de quelques variétés de cocotiers (bilingue fr.-angl.) *Oléagineux*, 37, N° 2, p. 55-62.
- [2] QUILLEC G., MORIN J. P., RENARD J. L., MARIAU D. (1978). — Les maladies du cocotier dans le jeune âge. Causes, méthodes de lutte (bilingue fr.-angl.) *Oléagineux*, 33, N° 10, p. 495-501.
- [3] OLLAGNIER M., OCHS R. (1971). — La nutrition en chlore du palmier à huile et du cocotier (bilingue fr.-angl.) *Oléagineux*, 26, N° 6, p. 367-372.
- [4] BURGHARDT H. (1962). — Importance du chlore dans la nutrition des plantes sous l'angle plus particulier du problème du rapport chlorure/sulfate. *Angewandte Botanik*, 36, N° 5, p. 205-207.
- [5] FREMOND Y. (1976). — Compte rendu d'expériences réalisées en pépinière à Matling, Lanao del Sur, Philippines (*non publié*).
- [6] ALONZO J. C., PALOMAR M. K. (1980). — Effect of seawater and seaweed salt on coconut gray leaf spot disease. *Philipp J. Cocon. Stud.*, 5, N° 2, p. 27-31.
- [7] OUVRIER M. (1982). — Mineralisation du régime de cocotier hybride PB-121, de la fleur à la maturation (bilingue fr.-angl.). *Oléagineux*, 37, N° 5, p. 229-236.
- [8] DELMAS R., DJOUKA A. (1983). — Etude des apports atmosphériques de chlore au sol en Basse Côte d'Ivoire. *Oléagineux* (à paraître).
- [9] ROSENQUIST E. A. (1980). — A coconut fertilizer trial on the podzolic soils of North Sumatra (bilingue angl.-fr.). *Oléagineux*, 35, N° 5, p. 241-246.
- [10] MENGEL K., KIRBY E. A. (1978). — *Principles of plant nutrition* Inst. Intern. Potasse, Berne, Suisse, 593 p.
- [11] CORLEY R. H. V. (1976). — Physiological aspects of nutrition. In : *Oil palm research*, Elsevier Sci. Publ. Co., Amsterdam, Netherl., Dev. Crop. Sci., N° 1, p. 157-161.
- [12] PALOMAR C. R., MAGAT S. S., HABANA J. A. (1980). — Organic fertilization of coconuts from pre-bearing to bearing stage. *Philippine Coconut Authority — Annual Report 1980*.

SUMMARY

Effect of chlorine on the hybrid coconut PB-121 in the Ivory Coast and Indonesia. Growth, tolerance to drought, yield.

M. OLLAGNIER, R. OCHS, M. POMIER and G. de TAFFIN, *Oléagineux*, 1983, 38, n° 5, p. 309-321.

This article describes results obtained in the Ivory Coast in 4 mineral nutrition experiments sited at varying distances from the ocean (5, 25, 180 and 210 km), and 3 others in Sumatra, all seven carried out on the hybrid PB-121 (Mawa). In the Ivory Coast, the two experiments furthest inland demonstrate the preponderant action of Cl on growth, and even more on resistance to drought and fungus diseases. In the experiment 25 km from the sea, Cl and K have an equal role. On the other hand, close to the sea, the Cl provided in sufficient quantities in the form of aerosols by the winds plays a negligible part, whereas that of K is predominant. In Indonesia as in the Ivory Coast, a Cl deficiency greatly reduces the number of nuts and the weight of copra/nut. The authors propose a critical Cl level of 0.250 p. 100 in frond 14 for the Ivory Coast, but consider that the optimum of 0.500 proposed earlier is not to be changed in view of the role of this element in disease and drought resistance as well as its strong effect on copra/nut.

RESUMEN

Acción del cloro sobre el cocotero híbrido PB-121 en Costa de Marfil y en Indonesia. Desarrollo, tolerancia a la sequía, producción.

M. OLLAGNIER, R. OCHS, M. POMIER y G. de TAFFIN, *Oléagineux*, 1983, 38, N° 5, p. 309-321.

En el presente artículo se describen los resultados obtenidos en Costa de Marfil en 4 experimentos de nutrición mineral ubicados a varias distancias del océano (5, 25, 180 y 210 km) y en 3 experimentos localizados en Sumatra, todos con híbrido PB-121 (= Mawa). En Costa de Marfil los dos experimentos distantes de la costa muestran que el cloro tiene una acción preponderante en el desarrollo de los cocoteros, pero sobre todo en la resistencia a la sequía y a las enfermedades fungosas. En el experimento ubicado a 25 km del mar, el cloro y el potasio desempeñan un papel equivalente. En cambio, cerca del mar, el cloro aportado en cantidades suficientes por los vientos bajo la forma de aerosoles tiene un papel despreciable, y el potasio tiene un papel preponderante. En Indonesia como en Costa de Marfil, la carencia de cloro reduce notablemente el número de nueces y el peso de albumen de la nuez. Los autores proponen un nivel crítico de cloro de 0,250 % en Costa de Marfil por la hoja 14, pero consideran que el nivel óptimo de 0,500 anteriormente propuesto no debe modificarse si se tiene en cuenta el papel que el cloro desempeña en la resistencia a las enfermedades y a la sequía, como también su acción fuerte en la copra/nuez.

Effect of chlorine on the hybrid coconut PB-121 in the Ivory Coast and Indonesia

Growth, tolerance to drought, yield

M. OLLAGNIER (1), R. OCHS (2), M. POMIER (3) and G. de TAFFIN (3)

An earlier article studied the tolerance to drought of a few coconut hybrids in the conditions of the mid Ivory Coast [1].

This is a region where, in spite of marginal climatic conditions for coconut, it is possible to grow this crop thanks to strict technical norms. The first is to give preference to the hybrid PB-121, which has proved to be the most resistant to juvenile diseases and drought [2].

Another important factor is the maintenance of a good qualitative and quantitative level of mineral nutrition satisfying the plant's requirements for its growth and yield, and also reinforcing its drought resistance.

This, the I.R.H.O. test points in the mid Ivory Coast have been completed by mineral nutrition experiments on PB-121 hybrids.

The aim of this article is to present the most characteristic results obtained to date in these experiments : CC 38 at Gregbeu, near Daloa, 220 km from the sea ; CC 39 at Manzanouan, near Abengourou, 180 km from the sea. They will be compared to those from the lower Ivory Coast in the Abidjan region, on CC 16 at the Marc Delorme Station, 6 km inland, and DA-CC 02 at the R. Michaux Experimental Plantation, 25 km from the sea (Fig. 1).

We will then see how important is the role of chlorine far inland, where the coconuts no longer benefit from contributions in the form of sea mist and solid particles deposited by the dominant winds blowing from the sea.

Recent results obtained in Indonesia will be compared to those of the Ivory Coast.

I. — SITE OF THE EXPERIMENTS

Experiments CC 38, CC 39 are planted on soils of ferrallitic character derived from weathering of the granites :

The first is on a plateau with a typical reworked red soil (20.7 p. 100 clay in the topsoil, increasing to 42.3 p. 100, 1 m down) (Table I). Prior to CC 38, the land was occupied by an abandoned coffee plantation invaded by shrubby bush. An analysis of the topsoil shows average organic matter and total N contents (1.84 and 1.70 p. 100 respectively) ;

On the other hand, the second is on a gentle slope about 200 m from the Manzan river, a tributary of the Comoe, where the soil is formed of sandy colluvials with coarse sand predominating (50.4 p. 100 at the surface) (Table I). The soil of CC 39 had been occupied by recent shrubby fallow which did not allow the organic matter stock to be reconstituted, explaining the low levels of organic matter (1.2 p. 100) and N (1.16 p. 100) in the topsoil.

Experiment DA-CC 02 is on a plateau where the very deep clay sands are formed on sedimentary deposits called « tertiary sands ». Experiment PB-CC 16 is South of the lagoons on a low plateau of which the soils compose a very sandy colluvial phase, different from those in the other experiment.

The P levels are low for soils formed over granites (CC 38/39), whereas they are very high for those derived from tertiary sands (DA-CC 02). There is a certain richness in exchangeable cations in the former, but not in the latter.

		CC 38	CC 39	CC 16
Ca ⁺⁺	me/100 g	2.97	2.51	0.36
Mg ⁺⁺	me/100 g	0.74	0.46	0.10
K ⁺	me/100 g	0.33	0.12	0.06

Inland in the Ivory Coast rainfall is lower but better distributed than in the South-East (Table II). The limiting factor is the dry season, which lasts 3 months, with a very low relative humidity

provoking intense evaporation. In the South-East the severity of the drought is tempered by the proximity of the sea.

In the sub-soil of CC 39 there is an alluvial-type water table close to the surface in the rainy season (1-2 m deep). It drops steadily down to 3 m in the dry season. To a certain extent this water table compensates the water deficit in the earliest dry months.

In the other experiments, on the contrary, the very deep water table is not reached by the coconut roots.

The dry seasons in 1980/81 and 1981/82 were particularly marked in the inland Ivory Coast, with long periods of Harmattan (a dry wind blowing southwards from the Sahara) during which the temperature fell to 9.5° and the average relative humidity was between 50 and 70 p. 100.

By contrast, in the South during the dry season the relative humidity remains high because the sea is close ; the Harmattan only hits the coast for short periods in January and February.

II. — EXPERIMENTAL DESIGN

The four experiments are of the factorial type :

- CC 38 : • 3² replicated twice = 18 plots studying P and K at 3 levels ;
• with complementary study of Mg by splitting of the plots ;
• a 0 level for P, K and Mg.
Started in 1979.
- CC 39 : • 2⁴ studying N, P, K, Mg at 2 levels = 16 plots in 2 blocks ;
• a 0 level for each element (with or without).
Started in 1977.
- CC 16 : • 3³ = 27 plots in 3 blocks studying P, K and Mg at 3 levels ;
• with complementary study of N by splitting of the plots ;
• a 0 level for each element.
Started in 1970.
- DA-CC 02 : • 3 × 3 × 2 replicated twice = 36 plots in 2 replications of 3 blocks, studying K and Na at 3 levels and Cl at 2 ;
• a 0 level for K and Cl (Cl⁻ being replaced by SO₄²⁻) ;
• uniform application of N, P and Mg.
Planted in 1975.

The fertilizers used are :

- N = urea at 46 p. 100 N,
P = tricalcium phosphate at 35 p. 100 P₂O₅,
K = potassium chloride at 60 p. 100 K₂O,
or potassium sulphate at 50 p. 100 K₂O,
Mg = kieserite at 25 p. 100 MgO,
or magnesium chloride at 12 p. 100 MgO,
Na = sodium chloride at 39 p. 100 Na,
or sodium sulphate at 14 p. 100 Na.

They were applied from planting at rates increasing with age.

The four experiments received a *Pueraria javanica* cover which developed well on the primary soils (CC 38 and CC 39), with greater difficulty on the poorer tertiary sands.

Maintenance was always done by hand, and consisted in selective weeding and slashing of the cover, the circles round the palms being kept clear.

III. — RESULTS IN THE MID IVORY COAST

1. — Growth. Girth.

Measurements taken at 26 months for CC 39 and 36 months for CC 38 show that only the potassium chloride applications produce a significant effect, with a positive K-Mg interaction.

(1) Director of Research. I.R.H.O., 11, square Pétrarque, 75116 Paris (France).

(2) Director of I.R.H.O. Agronomy Department, I.R.H.O./GERDAT, B.P. 5035, 34032 Montpellier Cédex (France).

(3) I.R.H.O., Marc-Delorme Coconut Station 07. B.P. 13 Abidjan 07 (Ivory Coast).

CC 38					CC 39				
Girth at 36 months (cm)					Girth at 26 months (cm)				
	(—)	91.4				(—)	99.1		
	P1	92.1				N1	99.9		
	P2	93.8				(—)	100.6		
						P1	98.4		
K-Mg interaction					K-Mg interaction				
	(—)	KCl 1	KCl 2	Mean		(—)	KCl	Mean	
(—)	50	106	109	88	(—)	96	106	101	
Mg	66	106	118	97*	Mg	79	118	98	
Mean	58	106**	114**		Mean	87	112**		

2. — Precocity of flowering.

The positive effect of KCl on growth is repeated on precocity of flowering. Interaction with Kieserite is also positive.

CC 39 — p. 100 trees flowering at 44 months

	(—)	KCl	Mean
(—) = 41.4	36	54	45
N1 = 50.0	Mg 14	73	46
(—) = 44.5			
P1 = 46.9	Mean 25	66**	

3. — Tolerance to drought.

During the earliest rainy seasons, attacks of *Pestalozzia palmarum* were noted in CC 39, on the tips of the leaflets of trees receiving no KCl.

In the course of the 1980/81 and 1981/82 dry seasons, there was even more drying of the same trees, which induced us to compare the number of living leaves in each treatment at different times of the year (Table III).

The trees getting KCl emerged from the last two dry seasons with many more living leaves (Fig. 2, 3), mainly reflecting lesser drying of the foliage during the dry season.

Thus, KCl appears to be an essential fertilizer in mid Ivory Coast conditions, since in addition to its favourable effect on growth and development it reinforces the resistance of the trees to leaf funguses and drought.

4. — Interpretation of the results.

Because of the increased knowledge of chlorine flowing from the observations of Ollagnier and Ochs [1971], and in view of the distance from the sea of CC 38 and CC 39, the results of the trials were studied in function of both K and Cl.

In the hybrid coconut, PB-121, the critical K level is 1.4 p. 100 d.m. for leaf 14. Whilst the critical Cl level has not yet been defined exactly, 0.5 p. 100 d.m. for leaf 14 is esteemed close to optimum. A level below 0.100 indicates a severe deficiency.

The leaf analysis results from CC 39 (Table IV) clearly show a very big Cl deficiency, whereas the K levels are close to the critical value.

At the end of the 1980/81 dry season, the number of green leaves is more closely related to the Cl level than to that of K :

K levels — number of living leaves (Cl constant) $r = 0.420$,
Cl levels — number of living leaves (K constant) $r = 0.893^{**}$.

In July 1981, the superphosphate treatment was replaced by sodium chloride so as to study Cl by itself ; the KCl was replaced by potassium sulphate.

When the 1981/82 dry season ended, out of the 8 plots receiving no KCl, there was a marked improvement in the performance of the 4 plots which got a sodium chloride dressing 8 months previously.

CC 39 — Number of living leaves at the end of the dry season (on the 8 KCl 0 plots)

	March 1981	March 1982
Without NaCl	10.2 (100)	12.5 (122)
With NaCl	9.3 (100)	14.8 (159)

The co-variance analysis shows that the effect of Cl is highly significant.

Leaf analysis of CC 38 also show a severe Cl deficiency.

CC 38 — Leaf analysis, January 1982 (Rank 14)

	K (p. 100)	Cl (p. 100)
(—)	1.263	0.109
KCl 1	2.113	0.673
KCl 2	2.339	0.915

On the outcome of the 1981/82 dry season, the number of living leaves depends more on the Cl levels than on the K ones :

K levels — number of living leaves (Cl constant) $r = + 0.113$,
Cl levels — number of living leaves (K constant) $r = + 0.511^{**}$.

The fact that Cl is essential is confirmed once again in the mid Ivory Coast ; it is not only indispensable to growth and development, but also to **drought resistance**.

Burghardt [4], in a synthesis published in 1962, studied the roles of the Cl^- and SO_4^{2-} ions in cultivated plants. He notes that Cl is antagonistic to sulphur, and also reports that Schmalfluss has shown in pot culture that the Cl^- ion increases water absorption and reduces transpiration by stepping up osmotic pressure within the cells. This is due to the accumulation of starch through a change in the starch-sugar ratio. By weighing, an improvement is noted in the weight of dry matter produced per unit of water, whereas the SO_4^{2-} ion has the opposite effect.

5. — Effect of Cl on health.

Drought resistance seems to go hand in hand with resistance to leaf diseases of fungal origin. It has already been noted that *Pestalozzia palmarum* were worst in the K0 treatments of CC 39.

The same observation was made in 1979 in a mineral nutrition experiment at the Daloa test point. Here it was a question of *Helminthosporium* attacks, the intensity of which increased in proportion to Urea applications but dropped as KCl dressings rose.

Treatments	LA (Rank 1)		
	K (p. 100)	Cl (p. 100)	Helmintho. index
(—)	2.941	1.009	0.07
N1	2.626	0.865	0.42
N2	2.641	0.807	1.04
(—)	1.827	0.323	0.80
KCl 1	3.081	1.111	0.26
KCl 2	3.299	1.246	0.43

The favourable effect of Cl on the health of the coconuts, as well as the unfavourable one of N, were observed by Fremond [1976] in a 3³ factorial experiment in the nursery conducted in the Philippines. *Pestalotzia* attacks were marked 0-5 according to the degree of necrosis.

	N0	N1	N2	
Cl 0	2.28	3.11	3.44	2.94
Cl 1	1.05	1.44	2.33	1.94
Cl 2	1.39	2.22	2.44	2.02
	1.57	2.59	2.74	

One of the authors of this article noted heavy *Pestalotzia* attacks in the Menado region (North Sulawesi), accompanied by Cl levels close to 0.06 p. 100.

Alonzo and Palomar [1980] also report that in the Philippines the application of sea water at the rate of 200-1,000 ml or 20-100 g sea salt to the base of Malayan Red Dwarf coconuts aged 6 months reduces the incidence of *Pestalotia palmarum* on the leaves. The mechanism of this action of Cl is not really known yet.

IV. — ACTION OF Cl IN THE SOUTH-EAST IVORY COAST

Experiment DA-CC 02, of which the results are condensed in Table V, shows :

- an unquestionable effect of K, which practically doubles the number of nuts and slightly increases copra/nut ;
- an equally indubitable effect of Cl, which increases the number of nuts by nearly 50 p. 100 and the copra/nut by about 17 p. 100 (chloride/sulphate comparison). This effect occurs because the leaf Cl levels in the plots without Cl are very low, less than 0.100 on average ;
- an average nil effect of increasing rates of Na on copra/nut, and a non-significant one on number of nuts. This experiment was designed without a 0 level for Na (sulphate or chloride) ; in such conditions, it cannot verify very accurately whether, for the coconut as for certain other plants, Na can replace K to some extent ; this seems unlikely, since the effect of K, either chloride or sulphate, remains very considerable, in the presence of NaCl as well as in that of the sulphate form of sodium.

In other respects, the correlations between K and Cl levels and yield in copra/tree are positive and significative (0.621** and 0.687***), whereas that between Na level and yield is negative (— 0.626**).

In 1978, the partial correlations « Cl and K levels — development » showed that girth was related positively both to K and to Cl :

Cl level — girth (K constant) $r = 0.657^{**}$,
K level — girth (Cl constant) $r = 0.640^{**}$.

In experiment CC 16, on the other hand, the native Cl levels are higher, and an examination of the correlations « Cl and K levels — development or yield » shows the preponderant role of K.

CC 16 — Leaf analysis, February 1974 (Rank 9)			
	Rate	K levels	Cl levels
KCl 0		0.850	0.176
KCl 1		1.608	0.406
KCl 2		1.755	0.531

Correlations « LA levels — precocity of flowering » :

Cl level — p. 100 trees flowering (K constant) $r = + 0.412^{**}$,
K level — p. 100 trees flowering (Cl constant) $r = + 0.736^{***}$.

Similarly, the last four seasons' production results also demonstrate the exclusive action of the K⁺ ion.

CC 16 — Leaf analysis : Average 1978/79/80/81 (Rank 14)		
	Rate	K levels
KCl 0		0.482
KCl 1		1.370**
KCl 2		1.646**
		Cl levels
KCl 0		0.260
KCl 1		0.480**
KCl 2		0.650**

Correlations « LA levels — production » :

Cl level — production (K constant) $r = - 0.153$,
K level — production (Cl constant) $r = 0.580^{**}$.

V. — DISCUSSION

As the coast is approached, Cl becomes of lesser importance.

Taking a theoretical yield of about 4.5 t copra/ha, the quantities of nutrients exported in the nuts (shells, husks and albumen) are in the region of : 76 kg N, 9 kg P, 162 kg K (including 129 in the husks), 9 kg Mg, 111 kg Cl (including 102 in the husks), according to the work of Ouvrier at Port Bouet, Ivory Coast [1982].

These exports or immobilisations are even greater in plantations where the stalks are used in the boilers, and if the quantity of elements contained in the stem is also taken into account.

It is perfectly understandable, therefore, that the Cl balance becomes negative, since the studies by Delmas and Djouka [1983] on the dry and wet chlorine deposits in the Ivory Coast speak of a very large contribution along the coast (nearly 100 kg/ha/year between 1 and 10 km from the sea), diminishing inland. Two hundred km from the seaboard, the deposit is less than 20 kg/ha ; the sharpest drop occurs in the first 50 km.

The comparison of the native Cl levels in leaf analysis and the importance of its role situate its critical level :

CC 16 (LA 1981)

Treatment K0 — Rank 14-K = 0.480 — Cl = 0.260 ;
No effect of Cl on growth and yield of the coconuts.

DA-CC 02 (LA 1982)

Treatment K0 — Cl 0 — Rank 14 — K = 0.388 — Cl = 0.098 ;
Action of Cl as great as that of K.

CC 39 (LA 1982)

Treatment K0 — Rank 14 — K = 1.105 — Cl = 0.051 ;
Predominant effect of Cl.

CC 38 (LA 1982)

Treatment K0 — Rank 4 — K = 1.263 — Cl = 0.109 ;
Predominant action of Cl.

It was shown by leaf analyses made in 1980 on different leaf ranks that the Cl levels varied little compared to those of K. It can therefore be accepted that for a leaf of rank 14, in Ivory Coast :

- there is no Cl deficiency when the levels are above 0.250 p. 100 d.m.,
- there is a slight deficiency between 0.150 and 0.250,
- there is a serious one below 0.150.

These figures should be modified when all the experiments are in bearing.

Indeed, it is not impossible that 0.250, while sufficient to ensure maximum yield, is too low to give the highest resistance to leaf diseases and drought as well as the greatest copra/nut, in which case the optimum level of 0.500 mentioned previously and based on experiments in different parts of the world would be equally valid for the Ivory Coast.

Fertilizer experiments are now going on in Indonesia on the hybrid PB-121. We can site that at the Bah Lias Estate.

(London Sumatra), of which the first results have been published by Rosenquist [1980].

This experiment has been set up on coconuts planted in 1974, and the 1980 results can be summarized as follows :

	No. of nuts per tree	Copra g/nut	Copra kg/ha	Leaf levels K Cl
KCl 0	87 (100)	131 (100)	1,764 (100)	1.50 0.12
KCl 1	94 (109)	177 (135)	2,608 (148)	
KCl 2	100 (115)	187 (143)	2,921 (166)	1.60 0.53

The K nutrition level is excellent, and above the Ivory Coast critical value without any K fertilizer.

On the other hand, the Cl levels without chlorine application are very low, and fall in the category of serious deficiency in the Ivory Coast (less than 0.150).

The considerable effect of KCl on yield, exerted mainly on the albumen, is entirely due to Cl.

Figures 4 and 8 show the great effect of Cl on the crown: many dry and broken leaves without this element.

Bah Lias Estate is on the coastal plain of North Sumatra where there is also a dry season early in the year (mean rainfall 1968/80: 1,803 mm, Table II).

The second experiment is at PTP X, South Sumatra, Lampung Province, and was planted in January 1977. Figure 5 shows that in November 1982 there was a great difference in vegetative appearance between plots with or without KCl. From Figure 9 it can be seen how extensive is the dessication resulting from a Cl deficiency.

In the 1982 LA, rank 14, the K and Cl levels were:

	K	Cl
KCl 0	0.796	0.046
KCl 2	0.819	0.412

It is to be noted that there was an intense drought in Lampung in 1982.

Although the K level is below the critical value, the slight difference in leaf K between the plots with or without KCl is an insufficient explanation of the surprising disparity in performance depending on whether or not the palms receive KCl, and which can only be attributed to the Cl deficiency (very low level, 0.046, in the controls).

The third experiment, at PTP VI, North Sumatra, was planted in 1977 at Bangun Purba. The K and Cl levels (rank 14) were:

	K (1982)	Cl (1982)
KCl 0	1.56	0.040
KCl 1	1.65	0.307

The number of nuts/tree is increased by 24 p. 100, copra/nut by 47 p. 100 and copra/tree by 79 p. 100.

In other respects, there is a big difference in development between plots with and without KCl. The K level in the controls is above the critical value; their Cl level (0.040) is extremely low. Figures 6 and 7 show a very large effect indeed of Cl on the vegetative appearance of the trees, their development and yield.

The results obtained in the Ivory Coast are also verified in Indonesia, where it proves that there are severe Cl deficiencies in both North and South Sumatra, the consequences of which can be substantial, especially in dry years.

Chlorine has a certain number of non-specific functions in plants. It raises osmotic pressure in the cells, with a resulting increase in hydration of the tissues because this ion is hydrophilous [Mengel, Kirby, 1978].

The coconut is a plant of halophytic tendency with good tolerance to common salt in the soil. Plants of this type usually need

high concentrations of electrolytes in their cells to grow and equilibrate their water balance.

In this context, the manifestations of Cl deficiency seen on coconuts in the Ivory Coast and Indonesia can be interpreted as the inability of the plant to maintain its water potential at sufficiently low values because of the deficiency in monovalent anions.

Studies of stoma opening are going on in the Ivory Coast and Indonesia, using the isopropyl alcohol method. The basic hypothesis is that in deficient coconuts stoma opening should be less durable, both during the dry season and during the day. It appears to be verified in Indonesia, where the phenomenon has been studied in a fertilizer experiment in the Medan region (Bangun Purba, PTP VI) in North Sumatra; the same tendencies appear in this trial as in the preceding ones: serious Cl deficiency and high K nutrition in the controls without KCl.

After a drought period in February 1983 (0 mm), average stoma opening is 3.7-6.8 without KCl, against 4.8-7.0 with it (0 = completely closed stomata, 12 = stomata fully open).

CONCLUSION

Four I.R.H.O. experiments in the lower and middle Ivory Coast at various distances from the ocean have improved knowledge of the essential aspect of Cl in coconut nutrition.

On the basis of the results obtained, a critical level of 0.250 p. 100 d.m. in leaf 14 can be proposed.

When the levels are below 0.100 (a very severe Cl deficiency), growth and development slow down and there is a drop in yield (DA CC 02, 25 km from the ocean). Identical observations as to growth and development are made in experiments CC 38 and CC 39, 180 and 220 km inland, and there is every reason to think that the same will occur for yield (observations are going on in CC 39).

It is also found that in this situation there is less drought resistance and greater sensitivity to fungus diseases.

Obviously, in these extreme cases distance from the coast is determinant, since Cl is transported in aerosol form by the dominant winds which, in the Ivory Coast, blow from the S.W. and therefore from the sea.

Thus, in the inland Ivory Coast KCl would seem to be the most advantageous fertilizer, as it provides not only potassium of which there is a medium deficiency, but above all chlorine, which together with water is the prime limiting factor.

In Indonesia, where the programme for the extension and regeneration of the coconut plantations with the hybrid PB-121 is very substantial, it is very important to make a more thorough study of Cl deficiency for several reasons:

— it is probably more acute in precocious and fast-growing material such as Dwarf × Tall hybrids than in Indonesian Talls;

— traditionally coconut was grown on the coastal fringes where there are large dry Cl deposits. Diversification policies often lead to its being planted further inland where deposits are smaller, which explains why deficiencies can occur with an intensity hitherto unknown. It would be interesting to know the Cl deposit balance in different situations;

— it would be worth-while proving the essential role of Cl in coconut nutrition from a physiological standpoint, since some years ago physiologists were still casting doubt on the function of this element in plants grown in the open air [Corley, 1976]. In fact, since there are soils and situations in North and South Sumatra which are deficient in Cl but not in K, it is essential to avoid any confusion about the nature of the deficiency, K or Cl, and if it is the latter, to use sodium chloride which can be produced abundantly in the various salt works around the Archipelago rather than import potassium chloride, so costly in foreign currency.

In the Ivory Coast and in Indonesia, Cl deficiency results in a reduction in the number of nuts/tree, and even more in copra/nut, and this has been amply demonstrated in the Philippines as well [Palomar, Magat, Habana, 1980].